

**PENGARUH JUMLAH KATALIS DAN WAKTU REAKSI TERHADAP  
KONVERSI BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN KATALIS  
CaO DARI KULIT TELUR**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I  
pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**SEFTIANA ANNISA MANTOVANI**

**D 500 130 081**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2017**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PENGARUH JUMLAH KATALIS DAN WAKTU REAKSI TERHADAP  
KONVERSI BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN KATALIS  
CaO DARI KULIT TELUR**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:

**SEFTIANA ANNISA MANTOVANI**

**D 500 130 081**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



**Kusmiyati, S.T., M.T., Ph.D.**

**NIK. 683**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGARUH JUMLAH KATALIS DAN WAKTU REAKSI TERHADAP  
KONVERSI BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN KATALIS  
CaO DARI KULIT TELUR**

**OLEH**

**SEPTIANA ANNISA MANTOVANI**

**D 500 130 081**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Sabtu, 21 Januari 2017  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji:**

1. **Kusmiyati, S.T., M.T., Ph.D.**  
(Ketua Dewan Penguji)
2. **Eni Budiwati, S.T., M.Eng.**  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. **M. Mujiburohman, S.T., M.T., Ph.D.**  
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)   
(.....)   
(.....) 

**Dekan,**

  
**Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.**  
**NIK. 682**  


## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 12 September 2017

Penulis



**SEFTIANA ANNISA MANTOVANI**  
**D 500 130081**

# PENGARUH JUMLAH KATALIS DAN WAKTU REAKSI TERHADAP KONVERSI BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN KATALIS CaO DARI KULIT TELUR

## Abstrak

Biodiesel merupakan energi alternatif pengganti solar. Biodiesel dapat diproduksi dari minyak jelantah dengan katalis CaO dari kulit telur. Diperlukan dua tahapan proses untuk mengkonversikan minyak jelantah menjadi biodiesel, yaitu proses esterifikasi dan transesterifikasi. Esterifikasi dilakukan dengan menggunakan katalis asam  $H_2SO_4$  dan diperoleh kadar *Free Fatty Acid* (FFA) minyak jelantah yaitu sebesar 0.95%. Sedangkan pada proses transesterifikasi digunakan katalis CaO dari kulit telur dengan proses kalsinasi terlebih dahulu pada suhu  $1000^{\circ}C$  selama 2 jam yang bertujuan untuk mengaktivasi senyawa CaO dalam kandungan kulit telur. Proses transesterifikasi dilakukan dengan 2 variabel bebas, yaitu jumlah katalis dan waktu reaksi. Variasi jumlah katalis meliputi 4, 6, 8, dan 12% berat terhadap minyak, sedangkan waktu reaksi divariasikan pada 40, 90, 180, dan 200 menit. Diperoleh kondisi operasi optimum proses transesterifikasi yaitu pada suhu  $80^{\circ}C$ , rasio molar metanol terhadap minyak 9:1, waktu reaksi 180 menit, dan jumlah katalis sebanyak 6% berat terhadap minyak dengan perolehan konversi sebesar 88.62%.

**Kata Kunci:** biodiesel, minyak jelantah, katalis CaO, kulit telur, esterifikasi, transesterifikasi.

## Abstracts

Biodiesel is an alternative energy substitute for diesel. The biodiesel was produce from waste cooking oil (WCO) with *Calcium oxide* (CaO) from eggshell as a catalyst. Two stage process, esterification and transesterification were applied to convert waste cooking oil to biodiesel. An acid catalyst ( $H_2SO_4$ ) was used for catalyst of the esterification process, it was obtained *Free Fatty Acid* (FFA) amount of waste cooking oil that is equal to 0.95%. An heterogeneous base catalyst (CaO) from eggshell was used for catalyst of the transesterification process, the catalyst was calcined at  $1000^{\circ}C$  of temperature at 2 hours to activate the CaO compound on the eggshell. There is two independent variables, catalyst loading (% wt of the WCO) and reaction time (minutes) in the transesterification process. Catalyst loading was varied at 4, 6, 8, and 12% wt of the WCO, while the reaction time was varied at 40, 90, 180, and 200 minutes. The experimental results was found that the maximum conversion of biodiesel was 88.62% at the following reaction conditions: reaction temperature of  $80^{\circ}C$ , a reaction time of 180 minutes, a ratio of metanol to oil at 9:1, and the amount of catalyst at 6% wt of WCO.

**Keywords:** biodiesel, waste cooking oil (WCO), CaO catalyst, eggshell, esterification, transesterification.

## 1. PENDAHULUAN

Pada era globalisasi dan industrialisasi ini, energi terbarukan telah menarik perhatian yang lebih bagi masyarakat (Kusmiyati dan Sugiharto, 2010), salah satunya adalah bahan bakar pengganti solar, biodiesel (Khalid dan Khalid, 2011). Tingginya kebutuhan masyarakat akan bahan bakar menyebabkan terjadinya kelangkaan minyak bumi (Kusmiyati dkk, 2016), untuk itu diperlukan energi alternatif yang dapat meminimalisir terjadinya hal tersebut. Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar yang ramah lingkungan karena memiliki emisi yang rendah (Kusmiyati, 2015), sehingga sangat berpotensi untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti solar.

Biodiesel diproduksi melalui reaksi dari minyak nabati dan alkohol menggunakan asam atau basa sebagai katalis pada komposisi dan suhu tertentu (Manurung dkk, 2014). Pada umumnya, biodiesel diproduksi dengan proses transesterifikasi. Proses transesterifikasi merupakan reaksi antara lemak dengan alkohol membentuk alkil ester dan produk samping berupa gliserol (Gashaw dan Lakachew, 2014). Biodiesel juga dapat diproduksi dari minyak sayur murni, *rape seed*, *canola*, dan lain-lain. Akan tetapi proses ini kurang efisien karena biaya bahan baku yang relatif tinggi (Pathak dkk, 2015). Minyak jelantah merupakan solusi alternatif yang menjanjikan untuk produksi biodiesel (Yaakob dkk, 2013). Selain harganya yang murah, biodiesel yang diproduksi dari minyak jelantah memberikan performa yang lebih baik dan memiliki emisi yang rendah saat diujikan pada mesin diesel (Kulkarni dan Dalai, 2006).

Selama penggunaannya, minyak goreng mengalami perubahan kimia akibat oksidasi dan hidrolisis yang menyebabkan kerusakan pada minyak goreng tersebut. Melalui proses inilah sejumlah trigliserida akan terurai menjadi senyawa-senyawa lain, salah satunya yaitu senyawa *Free Fatty Acid* (FFA) atau asam lemak bebas (Ketaren, 1986; Suirta, 2009). Kandungan asam lemak bebas inilah yang kemudian akan diesterifikasi dengan metanol sehingga menghasilkan biodiesel (Suirta, 2009). Biodiesel memiliki beberapa keuntungan yaitu lebih ramah lingkungan karena sebagian besar terbuat dari minyak nabati yang tidak mengandung senyawa logam, hidrokarbon aromatik, maupun residu (Jaichandar & Annamalai, 2011), selain itu biodiesel tidak menghasilkan senyawa sulfur dioksida (SO<sub>x</sub>) sehingga dapat mengurangi polusi udara (Rahmadi dan Aye, 2003), biodiesel juga merupakan energi yang dapat diperbarui dan tidak memberikan kontribusi terhadap pemanasan global (Abdullah dkk, 2013).

Proses pembuatan biodiesel sering menggunakan katalis homogen NaOH atau KOH, penggunaan katalis tersebut memiliki kelemahan terbentuknya produk samping berupa sabun (Ogbu

dan Ajiwe, 2013). Maka dari itu, mulai dikembangkan penggunaan katalis heterogen untuk menggantikan penggunaan katalis homogen (Puspitaningati dkk, 2013). Beberapa katalis heterogen yang dapat digunakan dalam produksi biodiesel salah satunya adalah CaO. CaO dapat dihasilkan dari dekomposisi  $\text{CaCO}_3$  atau  $\text{Ca(OH)}_2$ . Selain itu, katalis CaO juga dapat dihasilkan dari limbah kulit telur (Lestari dan Hadiyanto, 2015). Kulit telur merupakan bahan baku yang sangat potensial untuk menghasilkan katalis basa heterogen, akan tetapi informasi mengenai cara pembuatan katalis kulit telur tersebut, karakteristik fisik dan kimianya, serta kinerjanya dalam pembuatan biodiesel masih sangat terbatas (Santoso dan Kristianto, 2013). Untuk itu, penulis berupaya untuk meneliti lebih dalam mengenai cara pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis dari limbah kulit telur.

## **2. METODE**

### **2.1 Perlakuan Awal Bahan**

Apabila kandungan FFA pada minyak lebih dari 2% maka diperlukan proses esterifikasi terlebih dahulu sebelum dilakukan proses pembuatan biodiesel (proses transesterifikasi). Proses esterifikasi dilakukan dengan langkah-langkah yaitu minyak jelantah sebanyak 100 ml ditambahkan dengan katalis asam (5%)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan methanol dengan perbandingan mol methanol terhadap minyak jelantah yaitu 6:1 ke dalam labu leher tiga dan direaksikan selama 4 jam dengan suhu  $60^\circ\text{C}$  di atas *hotplate stirrer*. Setelah itu hasilnya dituangkan ke dalam corong pemisah dan didiamkan selama 2 jam. Kemudian akan terbentuk tiga lapisan, lapisan atas berisi metanol yang tidak bereaksi, lapisan tengah berisi asam lemak metil ester (minyak hasil esterifikasi), sedangkan lapisan paling bawah berisi air, asam dan pengotor lainnya. Minyak hasil esterifikasi yang berada pada lapisan kedua lah yang kemudian digunakan pada tahap transesterifikasi untuk menghasilkan biodiesel.

### **2.2 Preparasi Katalis**

Katalis yang akan digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah katalis CaO dari bahan dasar kulit telur. Perlakuan awal, kulit telur dicuci dengan air untuk menghilangkan pengotor-pengotor seperti debu dan kotoran yang masih menempel. Setelah dicuci, kulit telur dihancurkan dan diayak dengan ayakan ukuran 60 mesh untuk mendapatkan katalis dengan ukuran yang kecil (serbuk). Kemudian serbuk kulit telur dikeringkan di dalam oven pada suhu  $100^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Kulit telur yang telah dikeringkan kemudian dikalsinasi dalam sebuah *furnace* pada suhu  $1000^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Setelah

proses kalsinasi selesai, katalis yang dihasilkan disimpan di dalam deksikator untuk menjaga kondisi katalis tetap kering dan katalis siap digunakan untuk proses transesterifikasi.

## **2.3 Pembuatan Biodiesel**

Pembuatan biodiesel dilakukan dengan mencampurkan metanol dan katalis kulit telur ke dalam sebuah labu leher tiga. Ke dalam campuran tersebut kemudian ditambahkan minyak jelantah hasil esterifikasi dan diaduk dengan kecepatan pengadukan 600 rpm. Reaksi pembuatan biodiesel dilangsungkan pada temperatur 80°C. Campuran hasil reaksi ini kemudian dipisahkan dari katalis menggunakan kertas saring dan corong *Buchner*. Campuran yang telah bebas dari katalis kemudian didekantasi untuk memisahkan produk biodiesel yang dihasilkan. Dekantasi dilakukan dengan menggunakan corong pemisah.

Variabel yang akan divariasikan dalam penelitian ini adalah jumlah katalis dan waktu reaksi. Rasio molar metanol terhadap minyak jelantah yaitu 9:1. Jumlah katalis kulit telur yang digunakan akan divariasikan pada 4, 6, 8 dan 12 % jumlah katalis kulit telur. Sementara itu, waktu reaksi akan divariasikan pada 40, 90, 180 dan 200 menit. Kondisi operasi pembuatan biodiesel di atas kemudian akan dioptimasi untuk suhu reaksi dan waktu reaksi yang memberikan konversi minyak jelantah serta perolehan biodisel yang optimum.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **3.1 Minyak Jelantah**

Sebelum dilakukan pre-treatment, dilakukan uji FFA (*Free Fatty Acid*) terhadap minyak jelantah terlebih dahulu. Hasil uji FFA menunjukkan bahwa nilai asam lemak bebas pada minyak jelantah masih cukup tinggi, yaitu diperoleh nilai FFA sebesar 2.62%, untuk itu perlu dilakukan pre-treatment pada minyak jelantah dengan cara esterifikasi.

Setelah dilakukan beberapa pre-treatment pengolahan minyak jelantah, kemudian minyak jelantah dilakukan serangkaian uji sifat fisika dan kimia serta uji FFA (*Free Fatty Acid*). Berikut ini akan disajikan tabel hasil uji sifat fisika dan kimia minyak jelantah setelah dilakukan proses pre-treatment yaitu sebagai berikut:



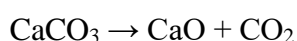
Tabel 1. Sifat Fisika dan Kimia Minyak Jelantah

Sifat Fisika dan Kimia	Nilai
Densitas (g/ml @15°C)	0.9205
Kandungan Air (%)	0.01
Warna	Cokelat kekuningan
Bau	Tengik
Berat Jenis (g/mol)	108.210

Setelah dilakukan uji FFA diperoleh nilai FFA yaitu sebesar 0.96%, telah memenuhi syarat bahan baku pembuatan biodiesel (FFA < 2%) dan dapat dilakukan tahapan selanjutnya yaitu proses transesterifikasi.

### 3.2 Katalis CaO dari Kulit Telur

Preparasi katalis CaO dilakukan dengan proses kalsinasi kulit telur yang telah dicuci, dibersihkan, dan dilakukan proses *screening*. Tujuan dari kalsinasi kulit telur adalah untuk menghilangkan senyawa karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) melalui reaksi dekomposisi kalsium karbonat yang terkandung dalam kulit telur sehingga diperoleh senyawa kalsium oksida (CaO). Proses kalsinasi ini dilakukan pada suhu 1000°C selama 2 jam dengan reaksi sebagai berikut:



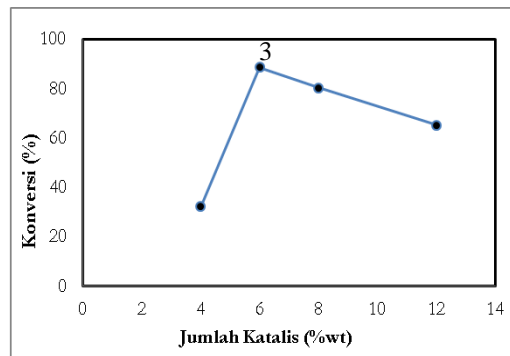
Setelah proses kalsinasi, katalis CaO yang masih *fresh* harus segera dilakukan proses transesterifikasi untuk mencegah terjadinya kontaminasi katalis dengan udara yang dapat menyebabkan rusaknya struktur katalis tersebut. Katalis yang terkontaminasi dengan udara, yang umumnya mengandung oksigen (O<sub>2</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), mengakibatkan katalis berubah struktur kembali menjadi calcite (CaCO<sub>3</sub>) seperti bahan baku katalis semula.

### 3.3 Transesterifikasi Minyak Jelantah dengan Katalis CaO dari Kulit Telur

#### 3.3.1 Efek Jumlah Katalis terhadap Konversi Biodiesel

Proses transesterifikasi minyak jelantah dengan katalis CaO dari limbah kulit telur dilakukan pada variasi jumlah katalis yaitu 4,6,8, dan 12% yang dilakukan pada kondisi operasi suhu 80°C, waktu reaksi 80 menit, dan rasio mol metanol terhadap minyak jelantah yaitu 9:1. Telah dihitung

perolehan konversi pada masing-masing variasi jumlah katalis. Berdasarkan perhitungan konversi pada masing-masing variasi jumlah katalis, didapatkan hasil sebagai berikut:

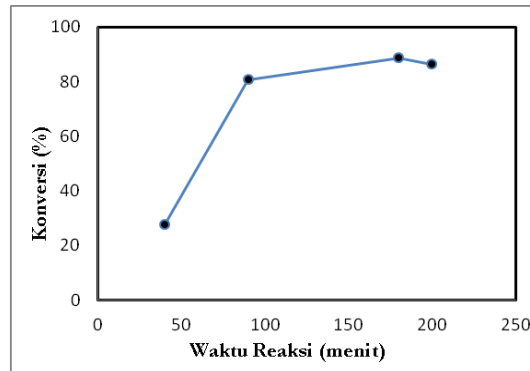


Gambar 1. Pengaruh Jumlah Katalis terhadap Konversi Biodiesel

Pada grafik hubungan antara jumlah katalis dengan yield biodiesel dapat dilihat bahwa % konversi yang paling tinggi dari semua sampel diatas adalah dengan menggunakan katalis CaO sebanyak 6% menghasilkan yield sebesar 88.62%. Pada penambahan jumlah katalis dari 4% berat menjadi 6% berat diikuti dengan penambahan konversi biodiesel yaitu dari 32.18% menjadi 88.62%. Bertambahnya jumlah katalis memberikan pengaruh peningkatan pengkonversian asam lemak menjadi ester. Akan tetapi jika semakin banyak jumlah katalis CaO pada reaksi transesterifikasi akan menurunkan konversi biodiesel, seperti yang terlihat pada grafik yaitu pada penambahan jumlah katalis dari 6% berat menjadi 12% berat, hal ini karena semakin banyak penambahan katalis maka reaksi cenderung kembali seperti semula. Jumlah katalis 6% adalah jumlah katalis yang paling optimum pada reaksi ini.

### **3.3.2 Efek Waktu Reaksi terhadap Konversi Biodiesel**

Proses transesterifikasi minyak jelantah dengan katalis CaO dari limbah kulit telur dilakukan pada variasi waktu reaksi yaitu 10, 40, 80, dan 120 menit yang dilakukan pada kondisi operasi suhu 80°C, jumlah katalis yaitu 6%, dan rasio mol metanol terhadap minyak yaitu 9:1. Berdasarkan perhitungan konversi pada masing-masing variasi jumlah katalis, didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 2. Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Konversi Biodiesel

Pada grafik hubungan antara waktu reaksi terhadap minyak dengan konversi biodiesel menunjukkan bahwa % konversi yang paling tinggi dari semua sampel diatas adalah pada waktu 180 menit yaitu dengan perolehan yield sebesar 88.62%. Berdasarkan grafik terlihat bahwa pada waktu 40 hingga 180 menit terjadi peningkatan perolehan yield, yaitu dari 27.82% menjadi 88.62%. Hal ini disebabkan semakin lama waktu reaksi, maka semakin banyak asam lemak yang terkonversi menjadi metal ester. Akan tetapi, pada waktu reaksi 200 menit, perolehan yield mengalami penurunan yaitu menjadi 86.33%, penurunan yang terjadi tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan jika terlalu lama waktu reaksi dapat memungkinkan terjadinya hidrolisis ester.

Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh hasil biodiesel yang optimum dengan konversi sebesar 88.62% yaitu pada kondisi operasi suhu 80°C, waktu reaksi 2 jam, pengadukan 600 rpm, rasio molar metanol terhadap minyak yaitu 9:1, dan jumlah katalis 6% berat terhadap minyak jelantah. Kemudian dilakukan serangkaian uji sifat fisika dan kimia pada biodiesel optimum tersebut dan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Sifat Fisika dan Kimia Biodiesel

Sifat Fisika dan Kimia	Nilai
Densitas (g/ml @ 15°C)	0.8604
Viskositas (mm <sup>2</sup> /s)	3.8429
Warna	Kuning bening
Flash point (°C)	170

Serangkaian uji sifat fisis dan kimia biodiesel tersebut membuktikan bahwa biodiesel dari minyak jelantah dengan katalis CaO dari kulit telur layak untuk digunakan karena telah sesuai

dengan standar SNI. Densitas dan viskositas biodiesel telah berada pada rentang yang ditentukan oleh SNI, yaitu 850 - 890 kg/m<sup>3</sup> untuk densitas dan 2.3 – 6.0 mm<sup>2</sup>/s untuk viskositas.

## **4. PENUTUP**

### **4.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan kesimpulan bahwa minyak jelantah sangat berpotensi menjadi bahan baku dalam proses pembuatan biodiesel dan limbah kulit telur juga memiliki potensi sebagai katalis basa heterogen dalam proses pembuatan biodiesel.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kondisi operasi optimum pada proses pembuatan biodiesel minyak jelantah dengan katalis CaO dari limbah kulit telur yaitu pada kondisi operasi suhu 80°C, waktu reaksi 180 menit, jumlah katalis 6% dan rasio mol metanol terhadap minyak yaitu 9:1, pengadukan 600 rpm dan diperoleh konversi reaksi sebesar 88.62%.

### **4.2 Saran**

Saran bagi penulis bagi penelitian selanjutnya, yaitu lebih mengenai proses pembuatan biodiesel yang harus dilakukan secara tepat dan teliti, baik dari segi urutan prosedur maupun kondisi operasi proses, serta perlakuan preparasi katalis yang harus dilakukan secara cepat agar katalis tidak terkontaminasi dengan udara maupun air yang dapat menghambat proses transesterifikasi maupun menurunkan yield dan kualitas biodiesel.

## **PERSANTUNAN**

Terima kasih kepada ibu Kusmiyati, ph.D selaku dosen pembimbing dalam penelitian ini yang dengan sabar dan tanggungjawab dalam membimbing kami.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Abdullah, N. H., S. H. Hasan, dan N. R. M. Yusoff, 2013, Biodiesel Production Based on Waste Cooking Oil (WCO), *International Journal of Material Science and Engineering*, 1(2), pp.94-99
- Gashaw, A. dan A. Lakachew, 2014. Production of Biodiesel from Non Edible Oil and its Properties. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 3(4), pp.1544–

- Jaichandar, S. dan K. Annamalai, 2011. The Status of Biodiesel as an Alternative Fuel for Diesel Engine – An Overview. *Journal of Sustainable Energy & Environment*, 2, pp.71–75.
- Ketaren, S., 1986, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, Universitas Indonesia, Jakarta
- Khalid, K., dan K. Khalid, Transesterification of Palm Oil for the Production of Biodiesel, *American Journal of Applied Sciences*, 8(8), 804-809
- Kulkarni, M. G., dan A. K. Dalai, 2006, Waste Cooking Oil – An Economical Source for Biodiesel: A Review, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 45(9), pp.2901-2913
- Kusmiyati, 2015, Fish Waste Oil Conversion for Biodiesel Production Using Two Stage Reaction, *University Research Colloquium*, pp.50-56
- Kusmiyati, Pratiwi, T.R. & Wulandari, T., 2016. Waste Fish Oil Biodiesel Production and Its Performace in Diesel Engine, *ARPN Journal of Engineering and Applied Science*, 11(2), pp.1040–1044
- Kusmiyati, K. dan A. Sugiharto, 2010. Production of Biodiesel from Oleic Acid and Methanol by Reactive Distillation, *Bulletin of Chemical Reaction Engineering and Catalysis*, 5(1), pp.1–6
- Lestari, S. P., dan Hadiyanto, 2015, Potensi Kerang sebagai Katalis untuk Pembuatan Biodiesel, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, pp.1-6
- Manurung R., M. Widyawati, dan R. Afrianto, 2014, The Synthesis Biodiesel from Palm Oil Through Interesterification Using Imobilized Lipase Enzyme as Catalyst, *International Journal of Science and Engineering*, 7(2), 174-177
- Ogbu, I.M. dan Ajiwe, V.I.E., 2013. Biodiesel Production via Esterification of Free Fatty Acids from Cucurbita pepo L . Seed Oil : Kinetic Studies. , 2(8), pp.616–621.
- Pathak, M., N. Kalita, D. Baruah, dan R. Bhowmik, 2015, Production of Biodiesel from Waste Cooking Oil, *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 5(5), pp.60-64
- Puspitaningati, S. R., R. Permatasari, dan I. Gunardi, 2013, Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit dengan Menggunakan Katalis Berpromotor Ganda Berpenyangga  $\gamma$ -Alumina ( $\text{CaO/KI}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) dalam Reaktor Fluidized Bed, *Jurnal Teknik Pomits*, 2(2), pp.193-197
- Rahmadi, A. dan Aye, L., 2003. Biodiesel from Palm Oil as an Alternative fuel for Indonesia : Opportunities and Challenges. , pp.322–328.
- Santoso H. dan I. Kristianto, 2013. Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis Basa Heterogen Berbahan Dasar Kulit Telur. *Skripsi*.
- Suirta, I., 2009. Preparasi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Kelapa Sawit. *Journal of Chemistry*, pp.1–6.

Yaakob, Z., M. Mohammad, M. Alherbawi, Z. Alam, dan K. Sopian, 2013, Overview of the Production of Biodiesel from Waste Cooking Oil, *Renewable an Sustainable Energy Reviews*, 18, pp.184-193